

# Perancangan cetakan komponen holder sepeda motor dengan pendekatan metode elemen hingga

Andreas Hartoyo Yaputra, Sri Raharno, Yatna Yuwana Martawirya

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha No. 10, Lb. Siliwangi, Coblong, Bandung, Jawa Barat 40132  
Email korespondensi: harnos@ftmd.itb.ac.id

---

## Abstrak

Meskipun permodelan cetakan dengan pendekatan metode elemen hingga telah dikembangkan sejak akhir tahun 1970, namun sampai saat ini masih cukup banyak perusahaan manufaktur di Indonesia yang menggunakan metode konvensional *trial and error* dalam melakukan perancangan cetakan. Berdasarkan perspektif bisnis industri, metode *trial and error* berpotensi merugikan perusahaan dari sisi waktu dan biaya. Untuk itu dalam kajian ini telah dikembangkan permodelan perancangan cetakan dengan pendekatan analisis numerik yang dapat meminimalisasi kerugian waktu dan biaya. Dalam kajian ini akan digunakan studi kasus berupa komponen holder sepeda motor 600 cc dengan proses *forging*. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk menentukan desain geometri cetakan yang sesuai sehingga material dapat mengisi secara penuh rongga cetakan, memperkirakan secara dini potensi kegagalan proses *forging* dan kapasitas mesin *press* yang diperlukan. Pada akhir kajian ini dapat ditentukan geometri cetakan dan parameternya, kapasitas mesin *press* yang dibutuhkan untuk melakukan proses *forging*, yaitu minimal sebesar 42 ton dan material cetakan dengan titik lebur di atas 863°C untuk mencegah kegagalan prematur.

**Kata kunci:** metode elemen hingga, holder sepeda motor, *forging*.

## Abstract

Although mold modeling using finite element method has been developed since the late 1970s but the reality is still a lot of manufacturing companies in Indonesia are using the conventional method of *trial and error* in terms of making mold design. Based on industrial business perspective, the method of *trial and error* is very detrimental to the company because it takes a lot of time and expenses. Therefore this study has developed mold design modeling with numerical analysis approach to minimize process time dan cost losses. This research project uses a case study on motorcycle 600 cc holder component with *forging* process. The purpose of this design is to determine the exact design of the mold so that the mold can be filled completely by material. In addition, to determine the tonnage required as well as a means of early detection of defects in this process. In the end of this research the geometry of mold and its parameter could be determined, requirement of *press* machine capacity determined at 42 tons. Furthermore, dies material needs to have melting point above 863°C to prevent premature failure.

**Keywords:** finite element method, motorcycle holder, *forging*.

---

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini, banyak proses manufaktur yang telah dikembangkan untuk dapat memproduksi unit *part* baik dalam skala satuan maupun secara massal. Mulai dari proses *casting*, *forging*, *stamping*, *drawing*, dan masih banyak proses lainnya yang dapat digunakan untuk menghasilkan sebuah unit *part* dengan kualitas yang tinggi dan harga yang rendah. Salah satu proses yang kerap kali digunakan adalah proses *forging*. Proses *forging* merupakan proses pembentukan logam dengan aplikasi gaya kompresi yang tinggi. Melalui proses *forging*, butiran *internal* (*internal grain*) akan berdeformasi mengikuti bentuk dari cetakan sehingga secara umum dapat dikatakan proses *forging* lebih kuat dibandingkan proses *casting* maupun *machining* [1].

Sejak akhir tahun 1970, dimulai pengembangan simulasi proses *forging* menggunakan metode elemen

hingga. Pada waktu itu, fitur *automatic remeshing* tidak tersedia sehingga dibutuhkan waktu cukup lama untuk menyelesaikan sebuah simulasi elemen hingga yang sederhana. Perkembangan pada saat ini sudah tercipta kemajuan teknologi komputasional untuk aplikasi perancangan proses di industri manufaktur dunia.

Namun secara umum masih cukup banyak industri manufaktur di Indonesia yang menggunakan metode perancangan *trial and error*. Berdasarkan perspektif bisnis industri tentu hal ini sangat merugikan perusahaan karena memakan banyak waktu dan biaya untuk melakukan proses perancangan secara *trial and error* sampai terbentuk desain yang sempurna. Untuk itu perlu dilakukan pengembangan perancangan dengan pendekatan analisis numerik [2].

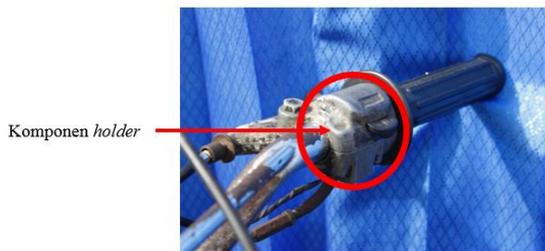
Sesuai dengan perumusan masalah tersebut maka kajian ini bertujuan untuk menentukan geometri

cetakan yang tepat serta berbagai parameternya dengan melakukan simulasi proses untuk memastikan cetakan terisi sempurna. Penentuan material cetakan yang sesuai untuk digunakan pada aplikasi injuga diperlukan. Kemudian menentukan kapasitas mesin *press* yang dibutuhkan untuk proses *forging* sehingga kegagalan prematur pada cetakan dapat dihindari.

## 2. Metode

*Holder* merupakan salah satu komponen aksesoris kendaraan sepeda motor yang dibuat sebagai sarana untuk menyambungkan antara setang utama dan *handle throttle*. Selain itu *holder* juga berfungsi sebagaiudukan fitur elektronik seperti sakelar lampu, klakson, juga tombol *starter*.

Seperti pada Gambar 1, ditunjukkan gambar *holder* sepeda motor yang merupakan sarana penyambung antara setang utama dan *handle throttle*. Dengan melihat fungsinya yang beragam, baik sebagai sarana penyambung maupun sebagaiudukan fitur elektronik maka bentuk dari *holder* dapat dianggap cukup kompleks dan dibutuhkan tingkat kehandalan yang tinggi. Meski tidak mengalami tegangan yang cukup signifikan, tetapi apabila komponen ini mengalami kegagalan sewaktu-waktu dapat membahayakan jiwa dari pengendara karena pengendara dapat kehilangan kontrol dari sepeda motor yang sedang dikendarainya. Maka dari itu dalam proses manufaktur perlu dipertimbangkan tingkat kehandalannya karena terkait langsung dengan keselamatan jiwa dari pengendara.



**Gambar 1.** Contoh komponen holder sepeda motor.

Dengan mengetahui fungsi komponen *holder*, pemilihan proses manufaktur dapat ditentukan secara baik. Proses manufaktur dapat dilakukan dengan beragam cara mulai dari *metal casting*, *metal forming*, *shaping*, hingga proses *heat treatment*. Untuk komponen *holder* ini, bentuk dari komponen termasuk kompleks sehingga proses manufaktur dengan *machining* tidak dapat dilakukan karena membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang lama. Selain itu kapasitas produksi yang ditargetkan tiap bulannya mencapai 1000 unit, sehingga proses *machining* tidak akan dilakukan. Selanjutnya, proses manufaktur yang paling mungkin untuk dilakukan adalah *casting* dan *forging* [3]. Berikut adalah perbandingan proses *casting* dan *forging* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan proses *casting* dan *forging*.

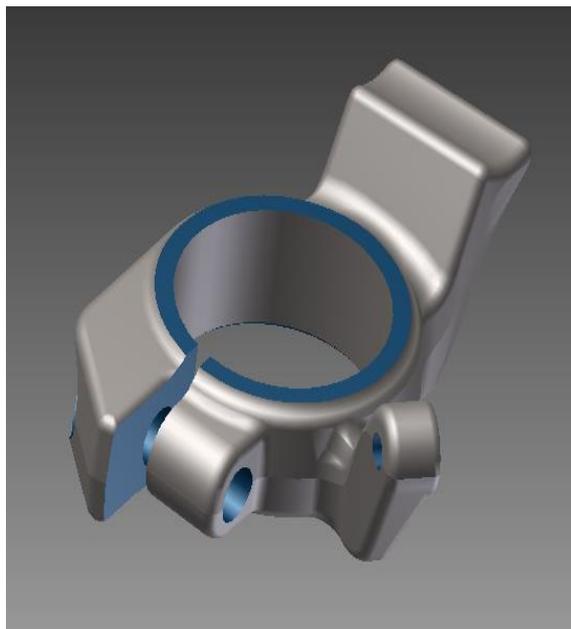
	<b>Casting</b>	<b>Forging</b>
Lead time	Lebih lama	Lebih cepat
Biaya	Tidak fleksibel (hanya untuk produksi massal)	Fleksibel
Potensi cacat	Lebih kecil	Lebih besar
Sifat mekanik	Tingkat kekuatan rendah	Tingkat kekuatan tinggi
Perlakuan permukaan	Lebih kasar	Lebih halus karena ada deformasi plastis pada permukaan
Tingkat keandalan	Lebih rendah	Lebih tinggi
Respon terhadap perlakuan panas	Dibutuhkan kontrol yang tinggi	Tidak dibutuhkan kontrol yang tinggi
Variasi material	Lebih sedikit	Lebih banyak

Seperti diperlihatkan pada Tabel 1, proses *casting* akan memakan waktu lebih lama dibanding *forging* karena rentang temperatur yang tinggi sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk proses pendinginan [4]. Selanjutnya dari segi biaya, proses *casting* memiliki rentang harga yang sempit sehingga hanya dikhususkan untuk produksi massal. Setelah produk selesai dibuat, produk dari hasil *forging* tidak perlu dilakukan perlakuan permukaan karena permukaannya sudah cukup halus apabila dibandingkan dengan *casting* karena terjadinya deformasi plastis. Apabila ditinjau dari tingkat kekuatan, proses *forging* memiliki tingkat kekuatan yang lebih tinggi dibanding *casting*, sebab mengalami tekanan yang cukup tinggi sehingga dapat dikatakan proses *forging* memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi. Pada sisi yang lain potensi kemungkinan timbul cacat pada proses *forging* lebih besar dibanding *casting* yaitu seperti *lapping* dan porositas [5].

Ditinjau dari respon perlakuan panas, untuk proses *casting* dibutuhkan kontrol yang tinggi sebab diperlukan ketepatan untuk memperkirakan temperatur atas dari proses ini. Apabila temperatur proses yang dilakukan melebihi temperatur yang seharusnya maka diperlukan waktu yang cukup lama untuk mendinginkan material [6]. Selanjutnya untuk proses *forging* tidak diperlukan kontrol temperatur yang cukup tinggi sebab rentang temperatur untuk proses ini tidak setinggi proses *casting*.

Berdasarkan berbagai pertimbangan tersebut, maka komponen *holder* lebih cocok untuk diproduksi dengan proses *forging*. Dilihat dari segi keandalan, proses *forging* akan menghasilkan produk dengan tingkat kekuatan yang lebih tinggi karena adanya deformasi plastis. Ditambah lagi dengan waktu proses yang relatif lebih cepat dibanding proses *casting* sehingga dapat menghasilkan produk lebih banyak dalam waktu yang sama. Pada bagian berikut ini akan dibahas mengenai proses perancangan cetakan *holder* dengan menggunakan simulasi metode elemen hingga [7].

Setelah mengetahui fungsi komponen *holder* maka dapat ditentukan proses manufaktur yang tepat untuk memproduksi komponen ini secara massal yaitu dengan proses *forging* [6]. Pada bab ini akan dibahas mengenai langkah-langkah perancangan cetakan *holder* dengan menggunakan simulasi metode elemen hingga. Proses permodelan yang dilakukan yaitu permodelan *part* dan selanjutnya dilakukan permodelan cetakan. Untuk permodelan komponen, dilakukan dengan sumber yang berasal dari gambar teknik. Selanjutnya dilakukan proses pemodelan secara manual dengan bantuan *software* CAD. Gambar 3D komponen ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1.** Model 3D komponen holder (produk akhir).

Untuk permodelan selanjutnya adalah permodelan cetakan, ada beberapa bagian dari komponen yang harus dimodifikasi. Modifikasi dari komponen ini perlu dilakukan karena penyesuaian dengan batasan kemampuan dari proses *forging* untuk mencapai pembuatan komponen tersebut. Selanjutnya perlu dilakukan proses *finishing* untuk mencapai bentuk akhir yang diinginkan. Proses *finishing* yang perlu dilakukan antara lain, *boring*, *grinding*, dan *slotting*. Beberapa modifikasi yang dilakukan pada komponen ditunjukkan Tabel 2. Setelah dilakukan permodelan

komponen, langkah selanjutnya ialah memodelkan cetakan. Permodelan cetakan ini merupakan iterasi rancangan awal yang digunakan sebelum selanjutnya dilakukan proses modifikasi lanjut.

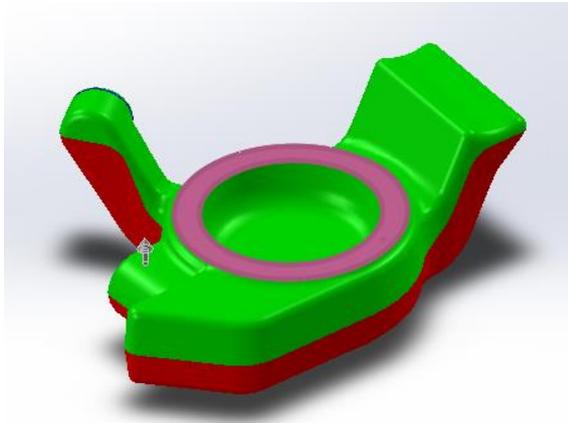
**Tabel 2.** Proses modifikasi permodelan komponen.

Jenis Modifikasi	Komponen Awal	Komponen setelah Modifikasi
Ekstrusi lubang utama		
Ekstrusi lubang minor 1		
Ekstrusi lubang minor 2		
Ekstrusi lubang minor 3		
Ekstrusi sambungan baut		

Permodelan cetakan ini dilakukan berdasarkan komponen yang telah dimodelkan sebelumnya. Pada proses permodelan cetakan, terlebih dahulu harus ditentukan batas pemisah antara cetakan atas dan bawah pada komponen yang disebut *parting line*.

Pada Gambar 2 dapat dilihat gambar permodelan komponen dengan warna merah dan hijau. Warna tersebut menunjukkan batas *parting line* atau pemisah antara cetakan atas dan bawah. Warna hijau menunjukkan porsi cetakan atas dan warna merah menunjukkan porsi cetakan bawah. Garis pertemuan antara warna merah dan hijau disebut *parting line*. Garis ini merupakan tempat bertemunya antara cetakan atas dan bawah [5]. Dalam penentuan posisi *parting line* ini, diusahakan *volume* komponen dibagi sama rata 50:50, sehingga memudahkan material untuk mengalir mengisi rongga cetakan. Proses penentuan *parting line* sendiri dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis dengan

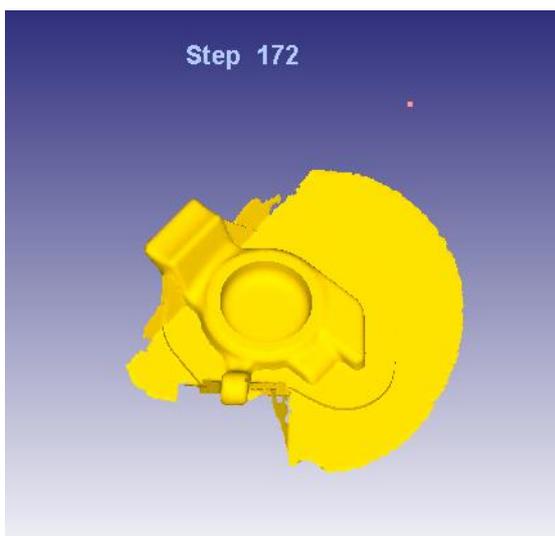
menggunakan fitur *draft analysis*. Kebanyakan *software* CAD sudah dilengkapi dengan fitur *draft analysis* sehingga fitur ini memudahkan penggunaanya untuk menentukan posisi *parting line* dengan mudah dan cepat.



Gambar 2. Permodelan komponen holder dengan parting line.

### 3. Hasil dan Pembahasan

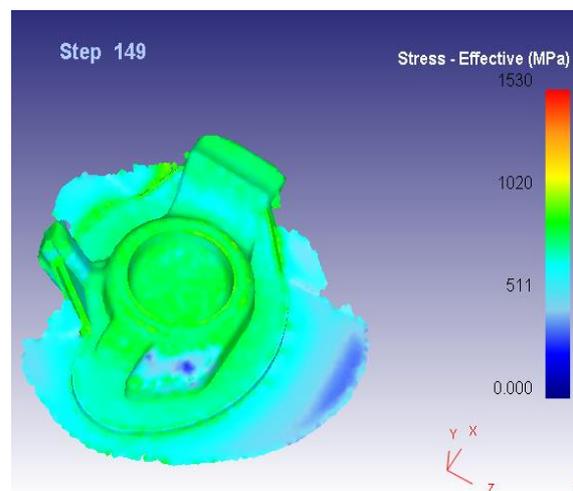
Setelah melalui proses perancangan cetakan, kemudian dilakukan beberapa iterasi untuk mendapatkan nilai dari beberapa parameter yang dibutuhkan. Proses iterasi penting untuk dilakukan karena *flash* yang terbentuk pada proses *forging* tidak dapat ditentukan secara matematis melainkan diperlukan simulasi secara numerik. Berdasarkan Gambar 3, produk *holder* terbentuk secara sempurna. Pada simulasi tahap akhir ini dilakukan penambahan *volume billet* dibanding simulasi tahap kedua. *Volume billet* yang digunakan pada simulasi tahap akhir ini sebesar 66434 mm<sup>3</sup> sedangkan *volume* dari komponen *holder* sebesar 46240 mm<sup>3</sup>.



Gambar 3. Hasil simulasi tahap akhir.

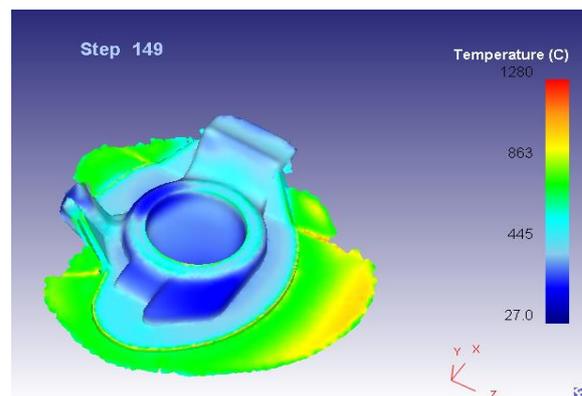
Dari hasil analisis diperoleh nilai tegangan maksimum pada komponen sebesar 1530 MPa. Tegangan maksimum berada pada daerah sekitar kanal. Hal ini

terjadi karena masih ada beberapa *flash* yang keluar dari area kanal. Meskipun demikian, secara keseluruhan komponen *holder* memiliki tegangan yang rendah karena mayoritas berwarna biru dengan rentang antara 511-1020 MPa. Tegangan maksimum yang terjadi pada kajian ini hanya bersifat tegangan lokal dan hanya terletak pada permukaan komponen sehingga tegangan maksimum tersebut dapat diabaikan. Selanjutnya, karena tegangan yang terjadi masih berada sedikit di atas kekuatan tegangan maksimum dari material AISI 1015, sehingga pada daerah yang ditunjukkan warna hijau dapat dilakukan sedikit pelumasan untuk mengurangi tegangan yang terjadi pada saat kompresi. Distribusi tegangan pada komponen secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi tegangan pada komponen.

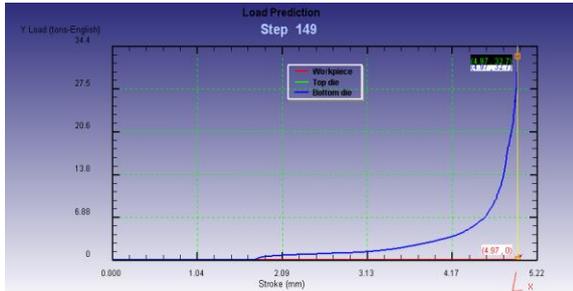
Selanjutnya, temperatur maksimum komponen sebesar 1280°C. Temperatur maksimal terjadi pada daerah sekitar kanal karena pada daerah ini mengalami kompresi yang tinggi. Tetapi, perlu diperhatikan bahwa mayoritas temperatur berkisar antara 445-863°C. Untuk itu dalam proses penentuan material cetakan perlu diperhatikan untuk memilih material dengan titik lebur di atas 863°C atau dapat juga diatasi dengan melakukan proses perlakuan panas sebelumnya. Material cetakan yang dapat digunakan untuk produksi komponen *holder* ini dapat menggunakan baja karbon tinggi. Distribusi



temperatur pada komponen diperlihatkan pada Gambar 5.

**Gambar 5.** Distribusi temperatur pada komponen.

Langkah terakhir dari kajian ini adalah menentukan besar *tonase* yang diperlukan untuk melakukan proses *forging* komponen *holder*. Dengan menggunakan fitur dari perangkat lunak didapat kurva beban berbanding besar *stroke* yang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Kurva beban berbanding *stroke* selama proses *forging* komponen *holder*.

Gambar 6 menunjukkan kurva beban berbanding *stroke* selama proses *forging* komponen *holder*. Kurva tersebut berbentuk linier mulai dari *stroke* 0 mm sampai dengan 5 mm. Hal ini disebabkan karena beban yang dibutuhkan sebanding dengan energi yang dibutuhkan material untuk mengalami deformasi tahap awal. Kemudian kurva tersebut berbentuk kuadratik pada *stroke* 5 mm hal ini disebabkan karena material mulai berdeformasi memenuhi rongga-rongga ujung sampai akhirnya material tidak dapat berdeformasi lagi. Untuk mendapatkan hasil yang valid maka nilai yang diambil adalah saat kurva akan bergerak memotong *axis* pada *stroke* 5 mm yaitu dengan besar *tonase* sebesar 20,6 ton. Sehingga untuk melakukan proses *forging* komponen *holder* ini diperlukan mesin *press* dengan kapasitas minimal 42 ton karena dihasilkan dua produk *holder* dalam sekali langkah penuh.

#### 4. Kesimpulan

Kajian ini menghasilkan kesimpulan bahwa geometri cetakan dan berbagai parameternya sudah ditentukan dengan menggunakan simulasi proses. Rasio *flash* yang dihasilkan pada proses kajian ini sebesar 46,17%. Material cetakan yang dapat digunakan untuk proses *forging* komponen *holder* ini harus memiliki titik lebur di atas 863°C untuk menghindari adanya kerusakan prematur pada cetakan. Kapasitas mesin *press* yang harus digunakan untuk melakukan proses ini minimal sebesar 42 ton.

#### Daftar Pustaka

[1] S. Kalpakjian dan S. Schmid. 2006, Manufacturing Engineering and Technology, Pearson Education South Asia Pte Ltd., Singapore.

[2] Murjito, ST. MT. 2007, Pengembangan Model Perancangan Proses Forging Dengan Menggunakan program Ansys Untuk Mencegah Kegagalan Produk, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.

[3] T. Altan dan M. Shirgaokar. 1994, Process Design in Impression Die Forging. NSM Laboratory, Ohio State University.

[4] R. Radev and B. Tomov. 1999, Preform Design in Hot Die Forging, Department of Materials and Processing Technology University of Rouse 8 Studentska St., 7017 Rouse, Bulgaria.

[5] F. R. Biglari, N. P. O'Dowd and R. T. Fenner. 2003, Optimum Design of Forging Dies using the Finite Element Method, Mechanical Engineering Department, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London SW7 2BX, UK.

[6] Siamak Abachi. 2004, Wear Analysis of Hot Forging Dies, The Graduate School Of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University.

[7] Toshiaki Tanaka, Koukichi Nakanishi, Yasuhiro Yogo, etc. 2006, Prediction of Hot Forging Die Life Using Wear and Cooling Model, Research Report.